

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-056514

(43)Date of publication of application : 22.02.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/455  
G01B 11/02  
G11B 5/39

(21)Application number : 2000-242748 (71)Applicant : HITACHI LTD

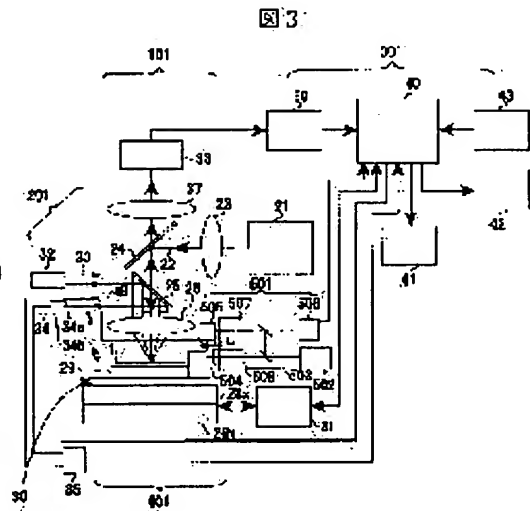
(22)Date of filing : 04.08.2000 (72)Inventor : YOSHIDA MINORU  
SASAZAWA HIDEAKI  
NAKADA TOSHIHIKO  
SAKATA TOMOAKI

(54) DEVICE FOR MEASURING DIMENSION AND ARRAY OF THIN FILM MAGNETIC HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To measure with high precision dimensions and array errors of an MR element and a resistance detecting element having a track width of a sub micron order impossible to be measured with light in the visible region, an SEM and an AFM.

SOLUTION: Picture measuring of high precision, high stability and high resolution is performed by combining a high NA optical system using DUV light of a wavelength 200 nm order with a laser length-measuring machine which measures the straightness of a stage system and further by using a highly precise automatic focusing system and a high straight Z stage capable of coping with DUV light and high NA. Thus, the dimensions and the array errors of the MR element and the resistance detecting element which are coated by end surface protective films are measured with high precision.



BEST AVAILABLE COPY

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other  
than the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] They are the thin film magnetic-head dimension and array measuring device which has the inspection process which measures a dimension also about the part which the magneto-resistive effect component formed on the wafer and the resistance detector element for polish processing defined beforehand, said inspection process irradiates the illumination light with a wavelength of 400nm or less at said component, is make to carry out image formation of the reflected light from said component by lens optical system, and is characterize by be the process which measures said dimension from this image.

[Claim 2] Said inspection process is the thin film magnetic-head dimension and an array measuring device according to claim 1 characterized by using the thing containing an objective lens with the depth of focus shallower than \*\*0.3 microns.

[Claim 3] The illumination light of said inspection process is the thin film magnetic-head dimension and an array measuring device according to claim 1 characterized by being either while wavelength is 248nm, 266nm, and 213nm.

[Claim 4] The lower limit of the component measured by said inspection process is the thin film magnetic-head dimension and an array measuring device according to claim 1 characterized by being about 0.5 micrometers.

[Claim 5] The component measured by said inspection process is the thin film magnetic-head dimension and an array measuring device according to claim 1 characterized by being covered by the end-face protective coat.

[Claim 6] Said inspection process is the thin film magnetic-head dimension and an array measuring device according to claim 1 characterized by measuring fluctuation of a stage by laser length measurement, and performing proofreading with said measurement image.

[Claim 7] Said laser length measurement is the thin film magnetic-head dimension and an array measuring device according to claim 6 characterized by suppressing fluctuation of disturbance.

[Claim 8] Said inspection process is the thin film magnetic-head dimension and an array measuring device according to claim 1 characterized by using as a flat spring the guide of a stage used for focusing of an objective lens.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Field of the Invention]** This invention relates to the equipment for measuring the dimension of a magneto-resistive effect component, and an array to high degree of accuracy especially with respect to the thin film magnetic head which carried out the laminating of an induction type MAG sensing element or the magneto-resistive effect component on the substrate.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** In recent years, in the magnetic disk drive, small and large capacity-ization are progressing and the small magnetic disk drive using the disk of 3.5 inches of current and 2.5 inch size is in use. In such a small disk unit, since the rotational speed of a disk is low, in the magnetic-induction mold head for which a playback output depends on a disk rate, lowering of a playback output becomes a problem. On the other hand, with the magneto-resistive effect form head (it is hereafter called an MR head) using the magneto-resistive effect component (it is hereafter called MR component) from which resistance changes with change of a field, since a playback output is not dependent on a disk rate, a high playback output can be obtained also in a small magnetic disk drive. Moreover, by the MR head, since a high playback output can be obtained compared with the magnetic-induction form magnetic head also to narrow-track-izing accompanying densification, it is thought that it is the magnetic head suitable for a miniaturization and large capacity-ization.

**[0003]** On the other hand, in order to detect the change in resistance of MR component resulting from change of a field in an MR head, the structure used for it, making expose MR component to the field (for it to be hereafter called a floatation side) which counters the disk of a magnetic-head slider has the highest regeneration efficiency. A part of MR component is processed at the time of floatation side processing (polish processing), and it is made to expose to a floatation side in the MR head which MR component exposes to such a floatation side. And the dimension of the floatation side of MR component and the direction of a right angle is made for MR component height (hMR), and a call and this MR component height to enter in default value by controlling the amount of processings at the time of polish processing.

**[0004]** In an MR head, since a playback output changes, if MR component height varies with this MR component height, or it changes a playback output, a regular playback output will not be obtained but the problem of becoming a defective will arise. Therefore, in order to control playback output fluctuation of an MR head and to obtain the high yield, it is necessary to control MR component height to high degree of accuracy in a polish processing process. For example, in the case of 2, the precision of MR component height is  $\pm 0.15$  20 Gbit/inch surface recording density. It is  $\pm 0.1$ , when mum grade is demanded, densification progresses further and it is 2 60 Gbit/inch. It is expected that mum grade is required.

**[0005]** In polish processing, in order to high-degree-of-accuracy-ize MR component height, it becomes important to measure MR component height to high degree of accuracy during processing. Although MR component height is the dimension of about 0.5-3 micrometers of actual condition, since the induction type head for data writing is formed in the upper part of MR component, it is difficult to measure MR component height directly optically. Then, apart from MR component, the marker for measurement is formed in the formation process of a component, it is measuring this marker optically and the method of finding MR component height (the amount of processings at the time of polish processing) indirectly is proposed as indicated by the JP,63-34713,A official report

and the JP,2-29913,A official report. However, by this approach, in-process gauging under polish processing is difficult.

[0006] Then, as an approach in which measurement in an in process is possible, the resistance of MR component is measured and there is the approach of converting into MR component height. There are the approach of measuring the resistance of MR component directly and converting into MR component height and the approach of MR component measuring the resistance of the component (it is hereafter called a resistance detector element (ELG)) formed independently, and computing MR component height as indicated by the JP,63-191570,A official report as this approach as indicated by the JP,5-46945,A official report.

[0007] Among these, the following technical problems are pointed out about the approach of measuring the resistance of the former MR component directly.

[0008] (1) MR component is formed of the thin film process represented by sputtering, exposure, ion milling, etc. As dimensional accuracy of MR component by this process, it is about  $\pm 0.2$  micrometers. On the other hand, since the width of face (width of recording track) of MR component is very as narrow as 0.8-2.0 micrometers, dispersion produces the resistance of MR component in resistance by dispersion in the width of recording track.

[0009] (2) In case MR film is formed by sputtering, thickness nonuniformity arises at the center section and edge of a wafer. And the thickness nonuniformity of MR component in a wafer becomes the dispersion factor of the resistance of each MR component. Especially, in recent years, since the thickness of MR component is thin, it is in the inclination for thickness nonuniformity to increase, consequently dispersion in resistance is also increasing.

[0010] That is, dispersion produces the resistance of a real MR component by width-of-recording-track dispersion and thickness nonuniformity. Since dispersion in this resistance serves as an error in MR component height measurement, it causes accuracy-of-measurement degradation.

[0011] On the other hand, the resistance of a resistance detector element is measured and there are the following advantages in the approach of converting into MR component height.

[0012] (1) Since the width of recording track can be enlarged (10-500 micrometers), even if about  $\pm 0.2$  micrometers of width of recording track differ in a resistance detector element, resistance hardly changes. Therefore, the effect of width-of-recording-track dispersion is small.

[0013] (2) In case MR component height is computed from the resistance of a resistance detector element by using a reference pattern (criteria resistance) in a resistance detector element, it is possible to cancel thickness nonuniformity.

[0014]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As explained above, since effect of width-of-recording-track dispersion and thickness nonuniformity can be made small, by the approach using a resistance detector element, in-process gauging of MR component height in a high precision becomes possible. However, there are the following technical problems in this approach.

[0015] Although a resistance detector element and MR component are formed in the thin film process represented by sputtering, exposure, ion milling, etc., if there are resist thickness unevenness and illuminance unevenness in an exposure process, it will become exposure dispersion and dimension fluctuation or an array error will arise, for example. In the measurement using a resistance detector element, actual MR component height is not measured directly, but it is premised on the resistance detector element and MR component being formed a design dimension and as an array.

[0016] Therefore, when the case where the dimension of a resistance detector element and MR component varies as mentioned above, and a location gap arise, these all serve as a measurement error and become MR component height dispersion eventually.

[0017] The object of this invention is to offer the equipment which measures the resistance of a resistance detector element and measures dimension dispersion of a resistance detector element and MR component leading to an error, and a location gap in MR component height mensuration converted into MR component height.

[0018]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, according to this invention, the manufacturing installation of the following thin film magnetic heads is offered.

[0019] That is, it is the process which inspects the magneto-resistive effect component and the resistance detector element for polish processing which were formed on the wafer, and this inspection process is the manufacturing installation of the thin film magnetic head which irradiates the illumination light with a wavelength of 400nm or less at a component, is made to carry out image

formation of the reflected light from a component by the lens system, and is characterized by being the process which measures said dimension from this image.

[0020]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of one example of this invention is explained to a detail using a drawing.

[0021] First, the cause which dimension dispersion of MR component produces at a polish processing process before explanation of an example is explained to a detail.

[0022] Drawing 1 - drawing 2 are drawings showing MR component and a resistance detector element formation process, and a polish processing process. As shown in drawing 2 (a), two or more resistance detector elements 4 are formed in the both sides in the thin film process represented at sputtering, exposure, ion milling, etc. band-like so that the MR component 3 and this may be put on the wafer 1 of the ceramics. Two or more formed components are cut by band-like, and are started from a wafer 1. \*\*\*\*\* is called Rover 2. In [ of one ] Rover 2, 30 MR components 3 and 31 resistance detector elements 4 are formed. In the example shown in drawing 1 , pattern formation of each component is carried out by one-shot exposure considering four Rovers 2 as one unit U.

[0023] As shown in drawing 2 (a), while carrying out package polish of the 30 MR components 3 and exposing the MR component 3 to the floatation side 80 by carrying out polish processing of started Rover 2 from the direction of an arrow head, it controls in the dimension of a request of all MR component height hMR, and the floatation side 80 is processed into a predetermined configuration and predetermined surface roughness.

[0024] Here, since a playback output changes with MR component height hMR, if MR component height differs in an MR head, or it changes a playback output, a regular playback output will not be obtained but the problem of becoming a defective will arise. Therefore, in order to control playback output fluctuation of an MR head and to obtain the high yield, MR component height hMR is measured during polish processing, and it is necessary to control the amount of polishes to high degree of accuracy about all MR components.

[0025] In order to realize this, the resistance detector element (ELG) 4 formed in the same process near the MR component 3 is used. Namely, in drawing 2 (a), a current is supplied from the electrode 5 of each resistance detector element 4. So that the resistance value change by polish may be measured about each resistance detector element 4, MR component height hMR may be found from this resistance and resistance hMR, i.e., MR component height, may become homogeneity To be shown in drawing 2 (b), Rover 2 is bent, a polish load is controlled, and it is made for the alignment curve 7 of each location 6 of the resistance detector element 4 to turn into a straight line.

[0026] For this approach, the dimension between the dimension between the MR components 3, an array error, and the resistance detector element 4, an array error or both the components 3, the dimension between four, and an array error are target dimensional accuracy,  $\pm 0.2-0.15$  [ for example, ]. Compared with mum, it has been a major premise that it is measurement in about 20-15nm about [ that ] 1/10. Although the resistance detector element 4 and the MR component 3 are formed using the same thin film process and the same exposure masks, such as sputtering, exposure, and ion milling For example, in an exposure process, if a distortion and illuminance unevenness are in an aligner or resist spreading unevenness etc. is in it, as shown in drawing 2 (a) It will become that from which the array of the MR component 3 shifted to the alignment curve 7 of the resistance detector element 4, or as shown in this drawing, the dimension error of component height will arise between the MR components 3 or between the resistance detector elements 4.

[0027] If Rover is bent, a polish (it becomes straight line like [ an alignment curve 7 ]) load is controlled and polish processing is performed in this condition so that the resistance of the resistance detector element 4 may become homogeneity as shown in drawing 2 (b), as shown in drawing 2 (c), MR component height hMR after polish will vary greatly.

[0028] So, it aims at offering the equipment which measures dimension dispersion of the MR component 3 which causes an error in the above-mentioned polish processing method, and the resistance detector element 4 to high degree of accuracy in this invention. The detail of the example of this invention is explained based on drawing 3 - drawing 13 .

[0029] First, the 1st operation gestalt of this invention is explained based on drawing 3 - drawing 11 R> 1.

[0030] Drawing 5 shows the electrodes 49a and 49b of the MR component 3 which is one of the measuring objects, and its both sides. Drawing 6 (a) shows the cross-section structure of the a-a section in drawing 5 , and, similarly drawing 6 (b) shows b-b cross-section structure. Moreover,

drawing 7 shows the resistance detector element 4 and polar zone 5 which are another measuring object.

[0031] If surface recording density exceeds 2 20 Gbit(s)/inch, narrow track-ization progresses further, and the width of recording track  $W_t$  of the MR component 3 shown in drawing 5 is set to 0.5 micrometers or less, and the precision of the component height  $h_{MR}$  is expected that about  $**0.15$  micrometers is required. From the principle of the above-mentioned polish processing method, in order to secure this precision, it is necessary to suppress MR component height  $h_{MR}$  in drawing 5, each dimension of width-of-recording-track  $W_t$  and resistance detector element height  $h_{ELG}$  in drawing 7, the array error between MR components, the array error between resistance detector elements, and the relative array error between both components to about  $**0.15$  micrometers. Therefore, that to which the accuracy of measurement required of this invention can also measure this about  $**0.15$ -micrometer dimension dispersion and array error is required.

[0032] Here, if NA (Numerical Aperture: numerical aperture) of optical system is set to 0.9 when the usual light, for example, light with a wavelength of about 0.5 micrometers, is used, theoretical resolution ( $0.61 \times \text{wavelength} / \text{NA}$  (numerical aperture)) will be set to about 0.34 micrometers, and will become the resolution limit mostly the above-mentioned width-of-recording-track  $W_t=0.5$ micrometer. It is very difficult to measure MR component height  $h_{MR}$  which has  $**0.15$ -micrometer dispersion not to mention measuring the width of recording track  $W_t$  to high degree of accuracy, and resistance detector element height  $h_{ELG}$  to high degree of accuracy from the image obtained such near the resolution limit. In order to measure  $**0.15$ -micrometer dimension dispersion and an array error, almost comparable resolution is required.

[0033] By the way, as shown in drawing 6 (a), the end faces 3a and 3b of the direction of an electrode of the MR component 3 have structure with which it is covered with Electrodes 49a and 49b and which is not exposed into atmospheric air as it is. On the other hand, as shown in drawing 6 (b), since it is exposed into atmospheric air and may corrode if it remains as it is, generally the end faces 3c and 3d of the component height  $h_{MR}$  direction are taken as the bonnet and the end-face protective coat with the about dozens of nm transparent-ceramics thin films 51a and 51b. The broken lines 50a and 50b of drawing 5 show the boundary of this transparency end-face protective coat. Therefore, when SEM (Scanning Electron Microscope) and AFM (Atomic Force Microscope) are used in order to obtain the resolution of the above-mentioned about 0.15 micrometers for example, it is impossible for the detecting signal obtained to become what caught the shape of surface type of an end-face protective coat, and to catch the end faces 3c and 3d of the lower part.

[0034] This invention is devised in view of constraint of such the measuring object. Drawing 3 shows MR component, resistance detector element dimension, and array metering device (it abbreviates to the dimension and array metering device of MR-ELG hereafter) which the 1st operation gestalt of this invention requires.

[0035] This equipment consists of the measuring beam study system 101, the automatic-focusing system 201, picture signal processing and a control system 301, the stage system 401, and the laser length measurement system 501.

[0036] in order that the big description of this equipment may realize image measurement which let the end face protective coat described above pass and may make measurable about  $**0.15$  -micrometer dimension dispersion and an array error, it be to use DUV (Deep Ultraviolet) light with a wavelength of 248nm and the objective lens corresponding to DUV of NA0.9 for detection of a component pattern. The theoretical resolution in this case is set to 0.17 micrometers, and the measurement of the array error of MR component and a resistance detector element of it is also attained at measurement of MR component height  $h_{MR}$  of about  $**0.15$  micrometers, or dimension dispersion of resistance detector element height  $h_{ELG}$ , and a list not to mention measurement with a width of recording track [  $W_t$  ] of about 0.5 above-mentioned micrometers.

[0037] Moreover, the firm measurement of the variation rate of a stage is carried out to the measurement criteria of a component array using the laser length measuring machine which reduced dispersion at the time of measurement, and it is in having amended the detection image in the amount of displacement. Furthermore, in order to always double a measured component in the depth of focus of an objective lens, migration of the vertical direction has location fluctuation using the minute flat spring with high repeatability.

[0038] The stage system 401 consists in X stage 28x, X stage 28x, and the direction of a right angle movable in the direction of Rover of movable Y stage 28y, the theta stage 29, and Z stage 30, and the ceramic wafer 1 is laid on the vacuum chuck on a Z stage (not shown). Revolution adjustment of



the theta stage 29 is carried out so that the direction of Rover (vertical to space) and the scanning direction (vertical to space) of X stage may become parallel after installation.

[0039] Although Z stage 30 carries out vertical migration by the result of the automatic-focusing system 201 mentioned later and is always doubled in the depth of focus of an objective lens, the fluctuation produced by the migration serves as a gap of the image to detect, and it is greatly influenced by the accuracy of measurement.

[0040] That is, in spite of not changing, by migration of Z stage 30, the detected image will shift the component itself and it will measure the mistaken dimension error.

[0041] Drawing 12 shows the block diagram of the Z stage by this operation gestalt. It consists of a flat-spring plate 701,702, a fixed frame 703, and a needle 704. The fixed frame 703 is fixed to X stage 28x. Four one side, 705a, 705b, 706a, and 706b function as a flat spring, and the flat-spring plate 701 is arranged eight places at bilateral symmetry. 701a and 701b of the flat-spring plate 701 are fixed to the fixed frame 703. The moving part 707 of the flat-spring plate 701 is fixed to a needle 704.

[0042] Drawing 13 shows the a-a sectional view of drawing 12. Actuation of Z stage 30 uses the piezo-electric element 708 expanded and contracted with an electrical signal. A needle 704 is pushed against the flexible section of a piezo-electric element 708 through thrust bearing 709. By telescopic motion of a piezo-electric element 708, a needle 704 goes up and flat springs 706a and 706b bend. A needle 704 moves to parallel by vertical migration of a piezo-electric element 708 by installing these flat-spring plates 701 and 702 in both sides. This structure enables it to move the straightness in the range of 50 microns of strokes in the precision of 10nm or less.

[0043] The laser length measurement system 501 measures a location gap of the height location in the wafer 1 of the stage system 401 generated in MR component height hMR or the resistance detector element height hELG direction. The laser beam from the laser oscillator 502 is irradiated by the rod mirror 504 fixed on high-degree-of-accuracy Z stage 30 with the interference system 503, and the fixed mirrors (or stand which the objective lens 26 neighborhood corresponding to DUV does not move) 505 fixed to the objective lens 26 corresponding to DUV. By the approach which is not illustrated, the length of the distance L between the rod mirror 504 and the fixed mirror 505 is measured with a detector 506, and it sends to a computer 40.

[0044] Since about 100nm of dispersion of the laser length measuring machine by oscillation of air occurs, the laser beam way is reducing dispersion according an optical path to a bonnet and disturbance to about 30nm with covering 507. This covering considers the fixed mirror 505 side as fixed covering, is considered as the movable covering 508 expanded and contracted with migration of a stage in the component measurement direction and the direction of a right angle (the direction of Y stage), and keeps constant the range exposed to the open air. Moreover, the rod mirror 504 is die length with which it is fully satisfied of the movable range of X stage 28x.

[0045] In the measuring beam study system 101, epi-illumination of the component section on a wafer 1 is carried out with the relay lens 23 corresponding to DUV, and the objective lens 26 corresponding to DUV of NA0.9 with the DUV light 22 with a wavelength of 248nm emitted from the DUV light source 21. In addition, a beam splitter 24 is an object for lighting / detection light separation, and a dichroic mirror 25 is for separating the DUV light 22 and the laser beam 33 for automatic focusing with a wavelength of 750nm. Image formation of the reflected light from the component section on a wafer 1 is carried out on the CCD solid state image pickup device 38 with the DUV objective lens 26 and the DUV image formation lens 37.

[0046] In picture signal processing and a control system 301, it inputs into a computer 40, after changing the picture signal from the CCD solid state image pickup device 38 into A-D converter 39 digital signal. By the computer 40, step-and-repeat scan control of the X stage 28x and Y stage 28y is carried out through the stage driver 31 based on the design array data of MR component on the wafer beforehand stored in memory 43, and a resistance detector element. and it is shown in drawing 2 -- as -- Rover (field of Rover on a wafer 1) -- meeting -- migration -> halt ->MR component image input -> migration [ of X stage 28x ] -> -- halt -> resistance detector element image input -> migration -> halt ->.... is repeated.

[0047] The length measurement result of the detector 506 of the laser length measurement system 501 is also simultaneously inputted into a computer 40 at the time of a halt of X stage 28x. After an image input is completed about all components among [ Rover ] one, scanning Y stage 28y, moving to other Rover locations, and moving X stage 28x again, measurement is repeated and is performed.

[0048] The depth of focus of the measuring beam study system 101 is set to \*\*0.15 micrometers, and



its highly precise focusing is more indispensable than NA0.9 of the wavelength of 248nm, and the objective lens 26 corresponding to DUV in the case of an image input.

[0049] So, in this example, the automatic-focusing system 201 performs this focusing. The collimated beam 33 with a wavelength of 780nm by which outgoing radiation was carried out from semiconductor laser 32 is reflected with a dichroic mirror 25, incidence is carried out to the periphery of the pupil of the objective lens 26 corresponding to DUV, and it condenses and irradiates from across on a wafer 1. Incidence of the reflected light is carried out to an objective lens 26 from across, and it carries out incidence to 2 division photo diode sensor 34 as a collimated beam 48. 2 division photo diode sensor 34 consists of two light sensing portions 34a and 34b, inputs the output signal from each light sensing portion into a difference circuit 35, and sends a differential signal to a computer 40. When the measured component pattern on a wafer 1 is in focus punctiform voice to the CCD solid state image pickup device 38, the location of a sensor 34 is finely tuned so that this differential signal may be set to 0.

[0050] Since the location of the reflective beam 48 from a wafer 1 will change if stage height or the height of a measured component pattern changes as shown in drawing 3, the output from a difference circuit 35 increases. Based on the control signal from a calculating machine 40, Z stage 30 is moved slightly so that this difference partial output may be set to 0, and focus punctiform voice is maintained.

[0051] Drawing 4 shows the spectral transmittance property of a dichroic mirror 25. The DUV light with a wavelength of 248nm used for image measurement is penetrated about 90%, and the laser beam with a wavelength of 780nm used for automatic focusing is reflected about 95%. In addition, this measuring beam study system 101 consists of both telecentric optical system, and has composition with few scale-factor errors to the slight gap of a focal location. In addition, the method which carries out fine control of Z stage 30 so that the contrast of the pattern of the detection image itself may be computed and this may serve as the maximum goods is sufficient as automatic focusing.

[0052] By the calculating machine 40, each dimension is measured from a detection image after a component image input at the time of stage migration for a contiguity component. Above-mentioned drawing 5 shows the detection image 47 of the MR component 3. The picture signal 45 of the b-b section, i.e., the component height hMR direction, is shown in drawing 8 (a). As opposed to this signal, if primary differential is given, the fine spectral separation form 46 shown in drawing 8 (b) will be acquired. It asks for the zero cross locations h1 and h2, and MR component height hMR is obtained from  $|h1-h2|$ . Width-of-recording-track Wt in drawing 5 and resistance detector element height hELG in drawing 7 are calculated similarly. Each dimension is computed by considering the dimension called for from this, and the detection result from a laser length measuring machine.

[0053] Drawing 9 shows the example of measurement of the relative array error of MR component and a resistance detector element on the basis of the locus of a scanning direction on the basis of the detection result of a laser length measuring machine. From the left detection image 81, after measuring the distance SELG from image soffit section 81a to upper bed section 85a of the resistance detector element 85, X stage 28x are moved and the image 82 of the MR component 90 is detected. Similarly, after measuring the distance SMR from image soffit section 82a to upper bed section 90a of the MR component 90, X stage 28x are moved again and the image 83 of the resistance detector element 86 is detected. Similarly, the distance SELG from image soffit section 83a to upper bed section 86a of the resistance detector element 86 is measured. By 1 Rover, the above measurement is repeated and is performed. That is, let distance from the soffit section be array measured value on the basis of the soffit section of a detection image in this measurement.

[0054] Drawing 10 is the result of measuring MR component height hMR and resistance detector element height hELG about Rover 2a on the wafer 1 shown in drawing 1. Black dot plot 8a expresses MR component height hMR, and black square plot 9a expresses resistance detector element height hELG. Broken-line 10a shows the design value of 4.7 micrometers, and it turns out that each measured value of both components has exceeded the design value. Moreover, it is thought that two big waves accepted in MR component height hMR originated in the illuminance unevenness of an aligner.

[0055] Drawing 11 is the result of measuring the array of MR component and a resistance detector element similarly about Rover 2a on the wafer 1 shown in drawing 1. Black dot plot 8b expresses the array of MR component, and black square plot 9b expresses the array of a resistance detector element. The array average of the resistance detector element shown by broken-line 10b is set to 0,

and the array of MR component is plotted as a relative value to it. It is thought that the wave accepted in both components is based on the illuminance unevenness and distortion of an aligner. [0056] The measurement result shown in drawing 10 or drawing 11 with this operation gestalt, or when dimension dispersion in the inside of an exposure field or the whole wafer surface and two-dimensional distribution of an array error are displayed on a display 41 and dimension dispersion and an array error exceed default value Make it not pour such Rover and a wafer at a processing polish process. Or it is also possible enough to apply to the process control and control called correction of the process parameter of to issue maintenance directions of the aligner of a component formation process, a resist coater, film attachment equipment, etc., to discover nonconformity at an early stage, and to make illuminance unevenness small, tuning thickness finely. Moreover, it is also possible for measurement data to be stored in memory 42 and to utilize for the monitoring of the dimension fluctuation over a long period of time or array error fluctuation and analysis.

[0057] Although the DUV light source was made into a mercury-xenon lamp and the combination of an interference filter with a transparency core wavelength of 248nm with the above-mentioned operation gestalt, it is also possible to use the 4th higher harmonic of 266nm of a semi-conductor excitation YAG laser, i.e., wavelength, the 5th higher harmonic of 213nm, i.e., wavelength, or the 3rd higher harmonic, i.e., light with a wavelength of 355nm. It is also possible to use ArF excimer laser (wavelength of 193nm) and KrF excimer laser (wavelength of 248nm). Moreover, it is also possible to use i line (wavelength of 365nm) of a mercury lamp. moreover, the measurement criteria of a component array with the above-mentioned operation gestalt -- the stage of X stage 28x -- although the laser length measuring machine was used as a means to detect a variation rate, it is possible to also amend measurement by an electrostatic-capacity sensor etc.

[0058] According to this operation gestalt, it enables it for the width of recording track Wt to become possible, and to carry out monitoring of the situation of a component formation process in an in process, also where an end-face protective coat is given for measurement of the various dimensions of detailed MR component 0.5 micrometers or less or a resistance detector element, and an array error as mentioned above. Thereby, the nonconformity of a process is discovered at an early stage, and generating of a defect product is reduced by correcting a process parameter, and it becomes possible to raise the yield. Moreover, it is also possible to realize feedforward control polish processing which amends the amount of loads based on measurement data in the case of control of a polish load at a polish processing process.

[0059] The 2nd operation gestalt of this invention is explained based on drawing 14 . Drawing 14 shows the MR-ELG dimension and array metering device in the 2nd operation gestalt. This equipment consists of the measuring beam study system 102, the automatic-focusing system 201, picture signal processing and a control system 301, the stage system 401, and the laser length measurement system 501. The big difference from the 1st operation gestalt is in the constituted point of putting to laser the air by which not covering but temperature management was carried out in dispersion by the disturbance of the laser length measurement system 501 in the 1st operation gestalt in fixed air capacity. In addition, since the configuration and its function of the automatic-focusing system 201, picture signal processing and a control system 301, and the stage system 401 are the same as that of the 1st operation gestalt, explanation is omitted.

[0060] Although the function of the laser length measurement system 501 is the same as that of the 1st operation gestalt, it installs an air filter 509 in the upper part of \*\*\*\*\* of a laser beam, and sends in the air which carried out temperature management with fixed air capacity by the approach which is not illustrated from the upper part of an air filter 509. Then, to a laser beam, fluctuation of the laser length measuring machine by disturbance will be lost for fixed temperature and air capacity. Subsequent processings are the same as that of the 1st example.

[0061] According to this example, the same effectiveness as the 1st operation gestalt is acquired.

[0062] In addition, application to the thin film magnetic head which is not limited only to the thin film magnetic head containing an MR head, and also contains a GMR (Giant Magneto-resistive) head is also possible for this invention enough.

[0063]

[Effect of the Invention] According to this invention, the effectiveness of enabling it to attain the measurement of the various dimensions of detailed MR component 0.5 micrometers or less or a resistance detector element and an array error with the highly precise width of recording track Wt, and to carry out monitoring of the situation of a component formation process in an in process also where an end-face protective coat is given is acquired.

[0064] Moreover, thereby, the nonconformity of a process is discovered at an early stage, generating of a defect product is reduced by correcting a process parameter, and the effectiveness of becoming possible to raise the yield is born. Moreover, it has the effectiveness of becoming possible to also realize feedforward control polish processing which amends the amount of loads based on measurement data in the case of control of a polish load at a polish processing process.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 is the top view showing the formation condition of Rover on a wafer.

[Drawing 2] Drawing 2 is the front view of Rover which shows the formation condition of MR component on Rover, and a resistance detector element, and a polish processing process.

[Drawing 3] Drawing 3 is the front view showing the outline configuration of the resistance detector element dimension and array metering device in the 1st operation gestalt of this invention (it abbreviates to a MR-ELG dimension and an array metering device hereafter).

[Drawing 4] Drawing 4 is a graph which shows the spectral transmittance property of a dichroic mirror.

[Drawing 5] Drawing 5 is the front view of an MR head showing MR component and the polar zone of the measuring object.

[Drawing 6] Drawing 6 is the sectional view of MR component.

[Drawing 7] Drawing 7 is the top view showing the resistance detector element and polar zone of the measuring object.

[Drawing 8] Drawing 8 is the picture signal of the MR component height direction, and a picture signal which shows a differential wave.

[Drawing 9] Drawing 9 is the top view of MR component and a resistance detector element showing the example of measurement of the relative array error of MR component and a resistance detector element.

[Drawing 10] Drawing 10 is a graph which shows the result of having measured MR component height and resistance detector element height, about Rover on a wafer.

[Drawing 11] Drawing 11 is a graph which shows the result of having measured the array of MR component and a resistance detector element, about Rover on a wafer.

[Drawing 12] Drawing 12 is the perspective view showing the configuration of the Z stage in the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 13] Drawing 13 is the sectional view showing the a-a cross section of drawing 12 .

[Drawing 14] Drawing 14 is the front view showing the outline configuration of the measuring beam study system in the 2nd operation gestalt of this invention.

### [Description of Notations]

1 -- Wafer 2 -- Rover 3 -- MR component 4 -- Resistance detector element 21 -- DUV light source 25 -- Dichroic mirror 26 -- Objective lens corresponding to DUV  
28x -- High-degree-of-accuracy X stage 28 y--Y stage 29 -- theta stage  
30 -- High-degree-of-accuracy Z stage 32 -- Semiconductor laser 34 -- 2 division photo diode sensor  
37 -- DUV image formation lens 38 -- CCD solid state image pickup device 40 -- Calculating machine 41 -- Display 60a, 60b, 60c, 60d -- Method illumination system of slanting 62 -- Phase modulation component 63 -- Quarter-wave length plate 71 -- Reference mirror  
101, 102, 103, 104 -- Measuring beam study system 201 -- Automatic-focusing system 301 -- Picture signal processing and control system 401 -- Stage system 501 -- Laser length measurement system 502 -- Laser 504 -- Rod mirror 505 -- Fixed mirror 506 -- Detector 701,702 -- Flat-spring plate

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

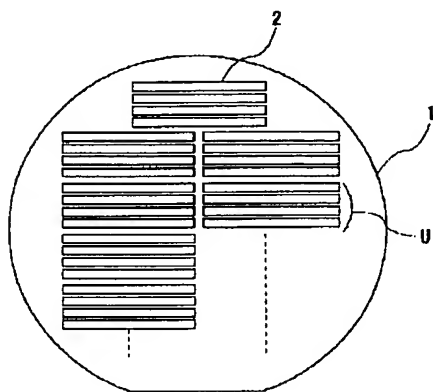
JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

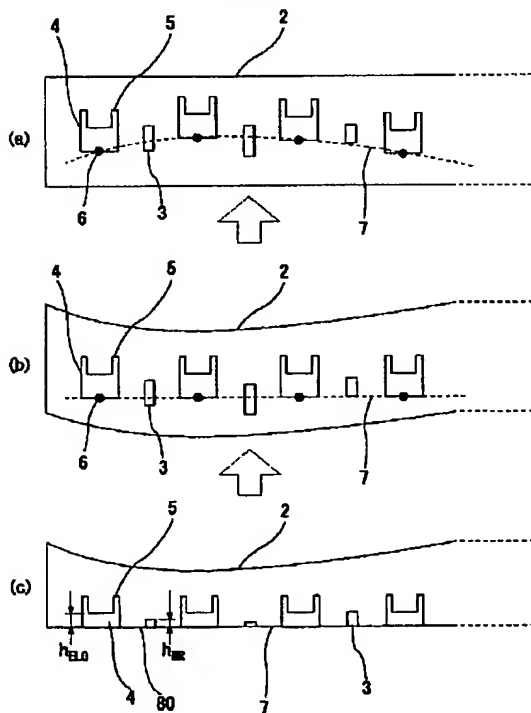
[Drawing 1]

図 1



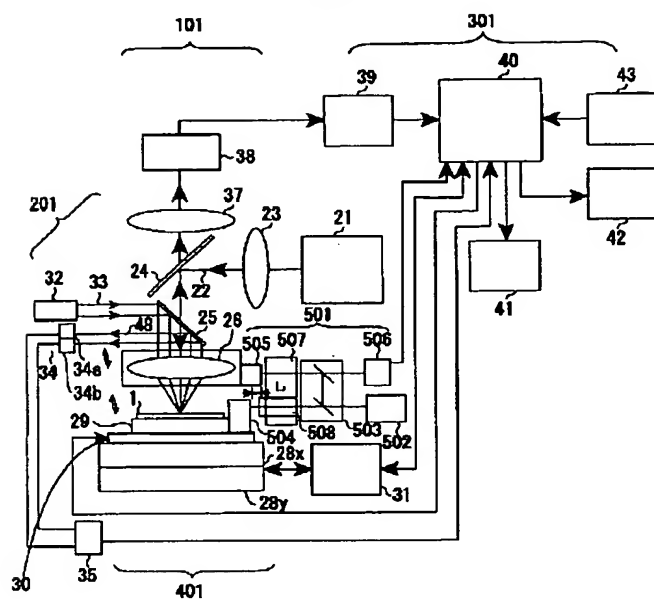
[Drawing 2]

図 2



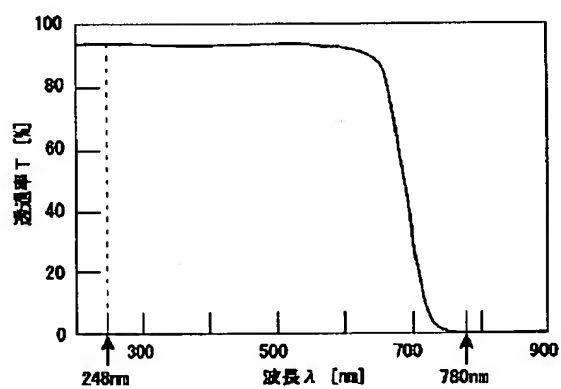
[Drawing 3]

図 3



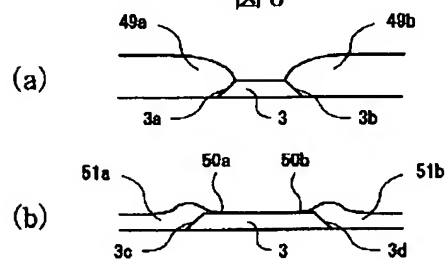
[Drawing 4]

図 4



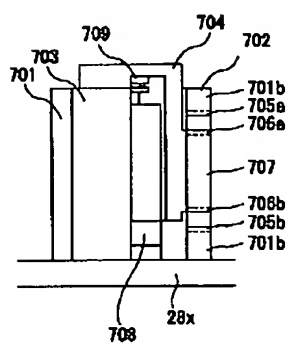
[Drawing 6]

図 6



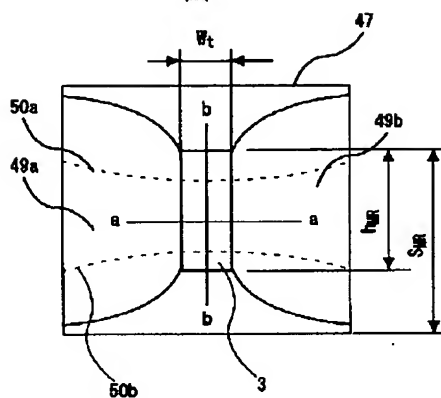
[Drawing 13]

図 13



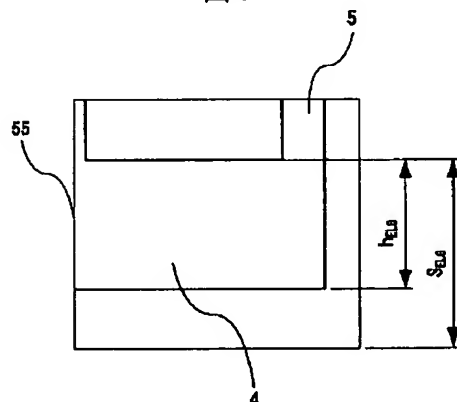
[Drawing 5]

図 5



[Drawing 7]

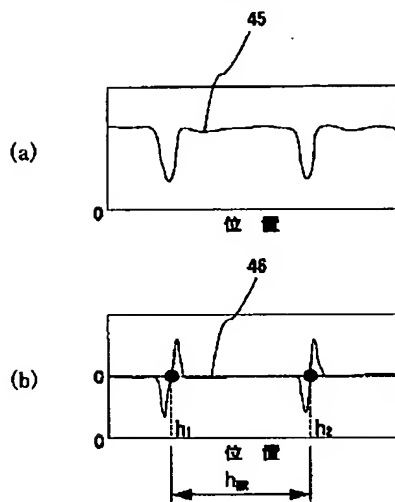
図 7



[Drawing 8]

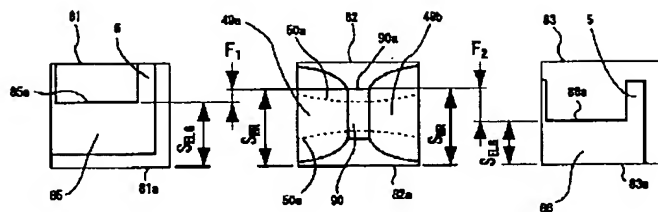


図 8



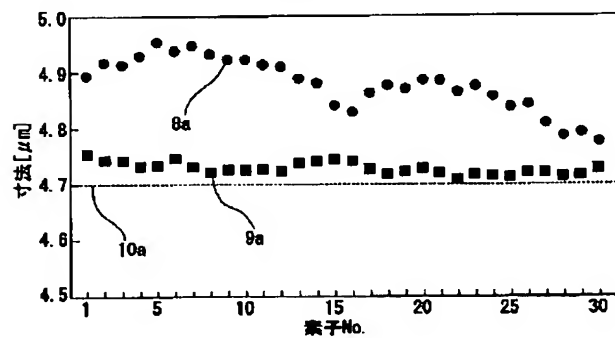
[Drawing 9]

図 9



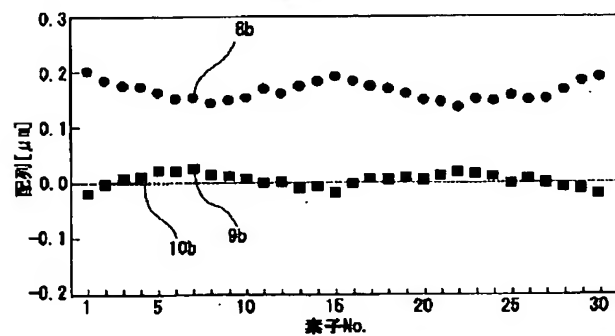
[Drawing 10]

図 10



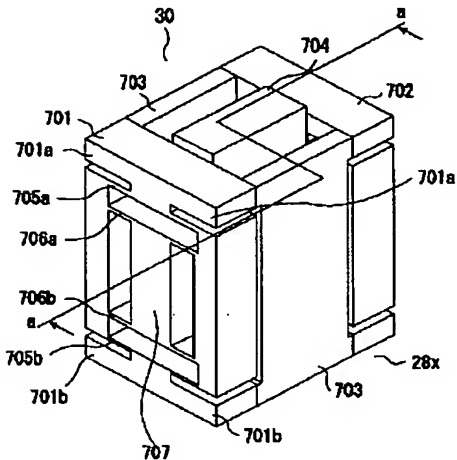
[Drawing 11]

図 11



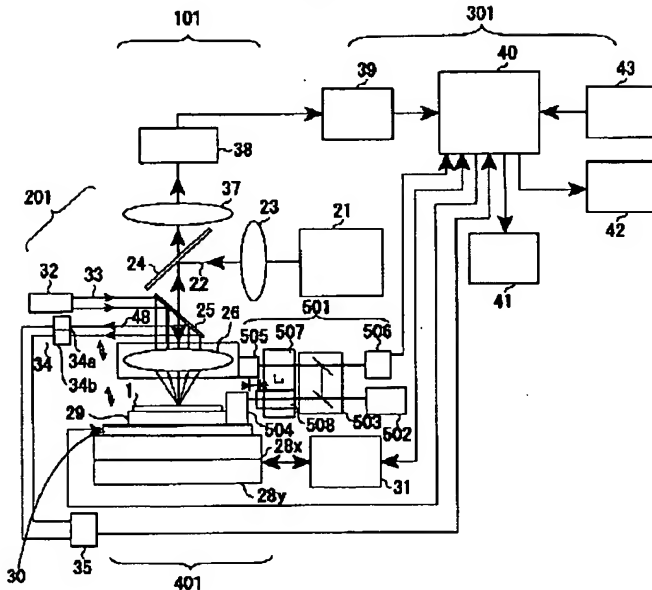
[Drawing 12]

图 12



[Drawing 14]

图 14



[Translation done.]

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-056514

(43)Date of publication of application : 22.02.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/455

G01B 11/02

G11B 5/39

(21)Application number : 2000-242748

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.08.2000

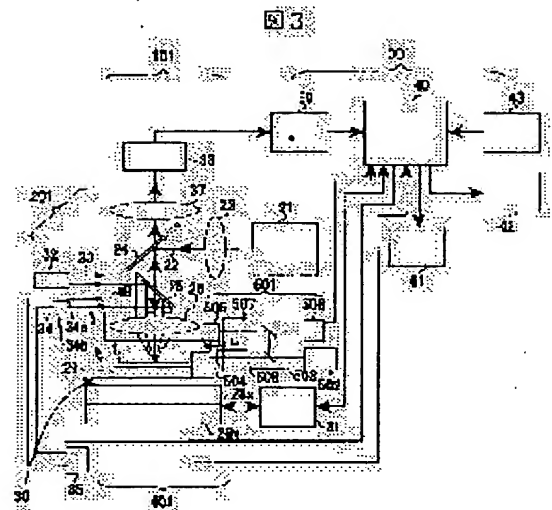
(72)Inventor : YOSHIDA MINORU  
SASAZAWA HIDEAKI  
NAKADA TOSHIHIKO  
SAKATA TOMOAKI

## (54) DEVICE FOR MEASURING DIMENSION AND ARRAY OF THIN FILM MAGNETIC HEAD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To measure with high precision dimensions and array errors of an MR element and a resistance detecting element having a track width of a sub micron order impossible to be measured with light in the visible region, an SEM and an AFM.

**SOLUTION:** Picture measuring of high precision, high stability and high resolution is performed by combining a high NA optical system using DUV light of a wavelength 200 nm order with a laser length-measuring machine which measures the straightness of a stage system and further by using a highly precise automatic focusing system and a high straight Z stage capable of coping with DUV light and high NA. Thus, the dimensions and the array errors of the MR element and the resistance detecting element which are coated by end surface protective films are measured with high precision.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-56514

(P2002-56514A)

(43) 公開日 平成14年2月22日 (2002.2.22)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード\* (参考)

G 1 1 B 5/455

G 1 1 B 5/455

Z 2 F 0 6 5

G 0 1 B 11/02

G 0 1 B 11/02

H 5 D 0 3 4

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-242748(P2000-242748)

(22) 出願日 平成12年8月4日(2000.8.4)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 ▲吉▼田 実

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 笹沢 秀明

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

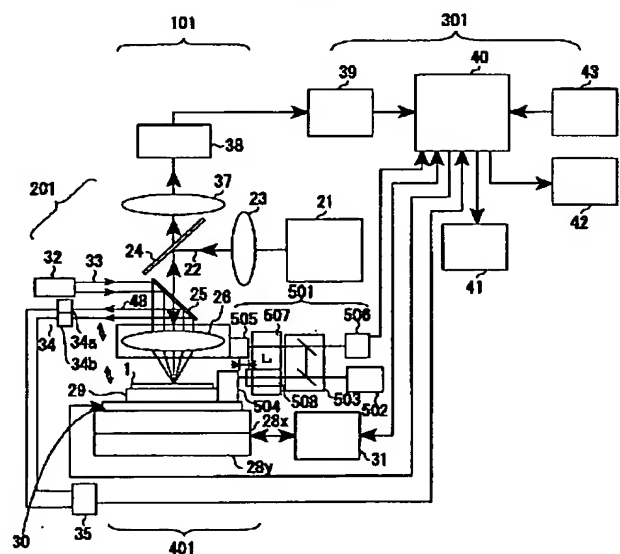
(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド寸法・配列測定装置

(57) 【要約】

【課題】可視光やSEM、AFMで不可能な、サブミクロンオーダのトラック幅を有するMR素子と抵抗検知素子の寸法及び配列誤差を高精度に計測する。

【解決手段】波長200nmオーダのDUV光を用いた高NA光学系と、ステージ系の真直度を計測するレーザ測長器とを組合せ、さらに、DUV光及び高NAに対応可能な高精度な自動焦点系および高真直Zステージを用いることにより、高精度・高安定・高解像な画像計測が可能になり、端面保護膜に覆われたMR素子及び抵抗検知素子の寸法・配列誤差の高精度計測が可能となる。

図 3



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】ウェハ上に形成された磁気抵抗効果素子と研磨加工用抵抗検知素子の予め定めた箇所についても寸法を計測する検査工程を有し、

前記検査工程は、前記素子に波長400nm以下の照明光を照射し、前記素子からの反射光をレンズ光学系で結像させ、該像から前記寸法を計測する工程であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド寸法・配列測定装置。

【請求項2】前記検査工程は、焦点深度が±0.3ミクロンより浅い対物レンズを含むものを用いることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド寸法・配列測定装置。

【請求項3】前記検査工程の照明光は、波長が248nm、266nmおよび213nmのうちいずれかであることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド寸法・配列測定装置。

【請求項4】前記検査工程で測定する素子の最小寸法は、0.5μm程度であることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド寸法・配列測定装置。

【請求項5】前記検査工程で測定する素子は、端面保護膜で覆われていることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド寸法・配列測定装置。

【請求項6】前記検査工程は、ステージの変動をレーザー測長で測定し、前記測定像との校正を行うことを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド寸法・配列測定装置。

【請求項7】前記レーザー測長は、外乱の変動を抑えることを特徴とする請求項6に記載の薄膜磁気ヘッド寸法・配列測定装置。

【請求項8】前記検査工程は、対物レンズの焦点合わせに用いるステージのガイドを板バネにすることを特徴とする請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド寸法・配列測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上に誘導形磁気変換素子や磁気抵抗効果素子を積層した薄膜磁気ヘッドに係わり、特に、磁気抵抗効果素子の寸法、配列を高精度に測定するための装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置においては、小形・大容量化が進んでおり、現在3.5インチと2.5インチサイズのディスクを用いた小形磁気ディスク装置が主流になっている。このような小形ディスク装置ではディスクの回転速度が低いため、再生出力がディスク速度に依存する磁気誘導型ヘッドにおいては、再生出力の低下が問題になる。これに対し、磁界の変化によって抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子（以下、MR素子と呼ぶ）を用いた磁気抵抗効果形ヘッド（以下、MRヘッドと呼ぶ）では、再生出力がディスク速度に依存しないた

め、小形磁気ディスク装置においても高い再生出力を得ることができる。また、MRヘッドでは、高密度化に伴う狭トラック化に対しても磁気誘導形磁気ヘッドと比べて高い再生出力を得られることから、小形化・大容量化に適した磁気ヘッドであると考えられている。

【0003】一方、MRヘッドでは、磁界の変化に起因するMR素子の抵抗値変化を検出するため、磁気ヘッドスライダのディスクに対向する面（以下、浮上面と呼ぶ）にMR素子を露出させて使用する構造が最も再生効率が高い。このような浮上面にMR素子が露出するMRヘッドでは、浮上面加工時にMR素子の一部を加工（研磨加工）して、浮上面に露出させる。そして、MR素子の浮上面と直角方向の寸法をMR素子高さ（ $h_{MR}$ ）と呼び、このMR素子高さは研磨加工時に加工量を制御することで、規定値内に入るようにされている。

【0004】MRヘッドでは、このMR素子高さによって、再生出力が変化するため、MR素子高さがばらつくと、再生出力が変動する、あるいは規定の再生出力が得られず、不良品となるという問題が生じる。したがって、MRヘッドの再生出力変動を抑制し、かつ高い歩留りを得るためには、研磨加工工程においてMR素子高さを高精度に制御することが必要となる。例えば、面記録密度20Gbit/inch<sup>2</sup>の場合、MR素子高さの精度は±0.15μm程度が要求されており、さらに高密度化が進み、60Gbit/inch<sup>2</sup>の場合、±0.1μm程度が必要と予想されている。

【0005】研磨加工において、MR素子高さを高精度化するためには、加工中にMR素子高さを高精度に測定することが重要になる。MR素子高さは現状0.5～3μm程度の寸法であるが、MR素子の上部にはデータ書き込み用の誘導形ヘッドが形成されているため、MR素子高さを光学的に直接測ることは困難である。そこで、特開昭63-34713公報及び特開平2-29913公報に記載されているように、MR素子とは別に測定用のマーカーを素子の形成工程において形成し、このマーカーを光学的に測定することで、間接的にMR素子高さ（研磨加工時の加工量）を求める方法が提案されている。しかし、この方法では、研磨加工中のインプロセス計測は困難である。

【0006】そこで、インプロセスでの計測が可能な方法として、MR素子の抵抗値を測定し、MR素子高さに換算する方法がある。この方法には、特開平5-46945公報に記載されているように、MR素子の抵抗値を直接測定しMR素子高さに換算する方法と、特開昭63-191570公報に記載されているように、MR素子とは別に形成した素子（以下、抵抗検知素子（ELG）と呼ぶ）の抵抗値を測定し、MR素子高さを算出する方法がある。

【0007】このうち、前者のMR素子の抵抗値を直接測定する方法については、以下の課題が指摘されている。

【0008】(1) MR素子は、スパッタリング、露光、イオンミリング等に代表される薄膜プロセスにより形成される。このプロセスによるMR素子の寸法精度としては、 $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 程度である。これに対し、MR素子の幅(トラック幅)は、 $0.8 \sim 2.0 \mu\text{m}$ と非常に狭いため、MR素子の抵抗値は、トラック幅のばらつきにより、抵抗値にばらつきが生じる。

【0009】(2) MR膜をスパッタリングにより成膜する際、ウェハの中央部と端部とで膜厚ムラが生じる。

そして、ウェハ内のMR素子の膜厚ムラは、個々のMR素子の抵抗値のばらつき要因となる。特に、近年では、MR素子の膜厚が薄くなっているため、膜厚ムラが増大する傾向にあり、その結果、抵抗値のばらつきも増大している。

【0010】すなわち、実MR素子の抵抗値は、トラック幅ばらつきと膜厚ムラにより、ばらつきが生じる。この抵抗値のばらつきは、MR素子高さ測定における誤差となるため、測定精度劣化要因となる。

【0011】これに対し、抵抗検知素子の抵抗値を測定し、MR素子高さに換算する方法には、以下の利点がある。

【0012】(1) 抵抗検知素子では、トラック幅を大きく( $10 \sim 500 \mu\text{m}$ )できるため、トラック幅が $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 程度ばらついても、抵抗値はほとんど変化しない。従って、トラック幅ばらつきの影響が小さい。

【0013】(2) 抵抗検知素子では、リファレンスパターン(基準抵抗)を用いることにより、抵抗検知素子の抵抗値からMR素子高さを算出する際に、膜厚ムラをキャンセルすることが可能である。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、抵抗検知素子を用いる方法ではトラック幅ばらつきと膜厚ムラの影響を小さくすることができるため、高い精度でのMR素子高さのインプロセス計測が可能になる。しかし、この方法には、以下のような課題がある。

【0015】抵抗検知素子及びMR素子はスパッタリング、露光、イオンミリング等に代表される薄膜プロセスで形成されるが、例えば、露光プロセスにおいて、レジスト膜厚むらや照度むらがあると、露光ばらつきとなり、寸法変動あるいは配列誤差が生じてしまう。抵抗検知素子を用いた測定では、実際のMR素子高さを直接測定しておらず、抵抗検知素子とMR素子が設計寸法・配列通りに形成されていることを前提としている。

【0016】従って、上記のように抵抗検知素子とMR素子の寸法がばらついた場合や位置ずれが生じた場合には、これらが総て測定誤差となり、最終的にMR素子高さばらつきになる。

【0017】本発明の目的は、抵抗検知素子の抵抗値を測定し、MR素子高さに換算するMR素子高さ計測法において、誤差要因となる抵抗検知素子とMR素子の寸法

ばらつきと、位置ずれを測定するその装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によれば、以下のような薄膜磁気ヘッドの製造装置が提供される。

【0019】すなわち、ウェハ上に形成された磁気抵抗効果素子と研磨加工用抵抗検知素子を検査する工程であり、この検査工程は、素子に波長 $400 \text{nm}$ 以下の照明光を照射し、素子からの反射光をレンズ系で結像させ、該像から前記寸法を計測する工程であることを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造装置である。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例の形態を、図面を用いて詳細に説明する。

【0021】まず、実施例の説明の前に、研磨加工工程でMR素子の寸法ばらつきが生じる原因について詳細に説明する。

【0022】図1～図2は、MR素子及び抵抗検知素子形成工程、研磨加工工程を示す図である。図2(a)に示すように、セラミックスのウェハ1上に、MR素子3とこれを挟み込むようにその両側に抵抗検知素子4が、スパッタリング、露光、イオンミリング等に代表される薄膜プロセスで、複数個帯状に形成される。形成された複数個の素子は帯状に切断され、ウェハ1から切り出される。これをローバー2と呼ぶ。1つのローバー2内には、例えば30個のMR素子3と31個の抵抗検知素子4が形成される。図1に示す例では、4本のローバー2を一つの単位Uとして、一括露光により各素子がパターン形成される。

【0023】図2(a)に示すように、切り出されたローバー2を矢印の方向から研磨加工することで、30個のMR素子3を一括研磨して、浮上面80にMR素子3を露出させると共に、総てのMR素子高さ $h_{MR}$ を所望の寸法に制御し、かつ、浮上面80を所定の形状と所定の表面粗さに加工する。

【0024】ここで、MRヘッドでは、MR素子高さ $h_{MR}$ によって再生出力が変化するため、MR素子高さがばらつくと、再生出力が変動する、あるいは規定の再生出力が得られず、不良品となるという問題が生じる。したがって、MRヘッドの再生出力変動を抑制し、かつ高い歩留りを得るためには、研磨加工中にMR素子高さ $h_{MR}$ を測定し、研磨量を総てのMR素子について高精度に制御することが必要となる。

【0025】これを実現するために、MR素子3の近傍に同一プロセスで形成した抵抗検知素子(ELG)4を用いる。すなわち、図2(a)において、各抵抗検知素子4の電極5から電流を供給し、研磨による抵抗値の変化を各抵抗検知素子4について測定し、この抵抗値からMR素子高さ $h_{MR}$ を求め、抵抗値、すなわち、MR素子



高さ $h_{MR}$ が均一になるように、図2(b)に示すようにローバー2を曲げて研磨加重を制御し、抵抗検知素子4の各位置6の配列曲線7が直線になるようにする。

【0026】この方法は、MR素子3間での寸法、配列誤差、抵抗検知素子4間での寸法、配列誤差、あるいは両素子3、4間での寸法、配列誤差が、目標寸法精度、例えば $\pm 0.2 \sim 0.15 \mu m$ に比べ、その十分の程度、すなわち $20 \sim 15 nm$ 程度で計測であることが大前提となっている。抵抗検知素子4及びMR素子3はスパッタリング、露光、イオンミリング等の同一薄膜プロセスおよび同一露光マスクを用いて形成されるが、例えば、露光プロセスにおいて、露光装置に像歪や照度むらがあったり、あるいはレジスト塗布むら等があると、図2(a)に示すように、抵抗検知素子4の配列曲線7に対し、MR素子3の配列がずれたものとなったり、あるいは、同図に示すように、MR素子3間あるいは抵抗検知素子4間で素子高さの寸法誤差が生じてしまう。

【0027】この状態で、図2(b)に示すように、抵抗検知素子4の抵抗値が均一になるように、ローバーを曲げて(配列曲線7が直線になるように)研磨加重を制御して研磨加工を行うと、図2(c)に示すように、研磨後のMR素子高さ $h_{MR}$ が大きくばらついてしまう。

【0028】そこで、本発明では、上記研磨加工法において誤差要因となるMR素子3及び抵抗検知素子4の寸法ばらつきを高精度に計測する装置を提供することを目的とする。本発明の実施例の詳細を図3～図13に基づいて説明する。

【0029】まず、本発明の第1実施形態を図3～図11に基づいて説明する。

【0030】図5は、測定対象の1つであるMR素子3とその両側の電極49a及び49bを示したものである。図6(a)は、図5におけるa-a部の断面構造を示し、図6(b)は同じくb-b断面構造を示したものである。また、図7はもう一つの測定対象である抵抗検知素子4と電極部5を示したものである。

【0031】面記録密度が $20 Gbit/inch^2$ を超えると、狭トラック化が一層進み、図5に示すMR素子3のトラック幅 $W_t$ は $0.5 \mu m$ 以下となり、また素子高さ $h_{MR}$ の精度は $\pm 0.15 \mu m$ 程度が必要と予想されている。上記研磨加工法の原理より、この精度を確保するには、図5におけるMR素子高さ $h_{MR}$ とトラック幅 $W_t$ 、図7における抵抗検知素子高さ $h_{ELG}$ の各寸法と、MR素子間の配列誤差、抵抗検知素子間の配列誤差、及び両素子間の相対配列誤差を $\pm 0.15 \mu m$ 程度に抑える必要がある。従って、本発明に要求される測定精度も、この $\pm 0.15 \mu m$ 程度の寸法ばらつきと配列誤差を測定できるものが要求される。

【0032】ここで、通常の可視光、例えば波長 $0.5 \mu m$ 程度の光を用いた場合、光学系のNA (Numerical Aperture: 開口数) を $0.9$ とすると、理論解像度

( $0.61 \times \text{波長} / NA$  (開口数)) は約 $0.34 \mu m$ となり、上記トラック幅 $W_t = 0.5 \mu m$ はほぼ解像限界となってしまふ。このような解像限界付近で得られる画像から、トラック幅 $W_t$ を高精度に測定することはもちろんのこと、 $\pm 0.15 \mu m$ のばらつきをもつMR素子高さ $h_{MR}$ や抵抗検知素子高さ $h_{ELG}$ を高精度に測定することは極めて困難である。 $\pm 0.15 \mu m$ の寸法ばらつきや配列誤差を測定するには、ほぼ同程度の解像度が必要である。

【0033】ところで、図6(a)に示すように、MR素子3の電極方向の端面3a及び3bは、電極49a及び49bで覆われてそのまま大気中に露出しない構造となっている。一方、図6(b)に示すように、素子高さ $h_{MR}$ 方向の端面3c及び3dは、そのままでは大気中に露出され腐食する可能性があるため、一般に、数十nm程度の透明セラミックス薄膜51a及び51bで覆い、端面保護膜としている。図5の破線50a及び50bはこの透明端面保護膜の境界を示している。従って、上記 $0.15 \mu m$ 程度の解像度を得るために、例えば、SEM (Scanning Electron Microscope) やAFM (Atomic Force Microscope) を使用した場合、得られる検出信号は端面保護膜の表面形状を捉えたものとなり、その下部の端面3c及び3dを捉えることは不可能である。

【0034】本発明はこのような測定対象の制約を鑑みて考案されたものである。図3は、本発明の第1実施形態に係るMR素子・抵抗検知素子寸法・配列計測装置(以下、MR・ELGの寸法・配列計測装置と略す)を示すものである。

【0035】本装置は測定光学系101、自動焦点系201、画像信号処理・制御系301、ステージ系401、レーザ測長系501から成る。

【0036】本装置の大きな特徴は、上記で述べた端面保護膜を通しての画像計測を実現し、かつ、 $\pm 0.15 \mu m$ 程度の寸法ばらつき及び配列誤差を測定可能とするため、素子パターンの検出に、波長 $248 nm$ のDUV (Deep Ultraviolet) 光とNA $0.9$ のDUV対応対物レンズを用いていることにある。この場合の理論解像度は $0.17 \mu m$ となり、上記 $0.5 \mu m$ 程度のトラック幅 $W_t$ の測定はもちろんのこと、 $\pm 0.15 \mu m$ 程度のMR素子高さ $h_{MR}$ や抵抗検知素子高さ $h_{ELG}$ の寸法ばらつきの測定、並びにMR素子及び抵抗検知素子の配列誤差の計測も可能となる。

【0037】また、素子配列の計測基準に測定時のばらつきを低減したレーザ測長器を用いて、ステージの変位を常時測定し、その変位量で検出画像を補正していることにある。さらに、対物レンズの焦点深度内に被測定素子を常に合せるため、上下方向の移動に、位置変動が微小かつ再現性の高い板バネを用いていることにある。

【0038】ステージ系401は、ローバーの方向に移動可能なXステージ $28x$ とXステージ $28x$ と直角方

向に移動可能なYステージ28y、θステージ29、及びZステージ30から成り、Zステージ上の真空チャック（図示せず）上にセラミックスウェハ1が載置される。載置後、ローバーの方向（紙面と垂直）とXステージの走査方向（紙面と垂直）とが平行となるよう、θステージ29を回転調整する。

【0039】Zステージ30は、後述する自動焦点系201の結果により上下移動し、対物レンズの焦点深度内に常に合せるが、その移動により生じる変動が、検出する画像のずれとなり、測定精度に大きく影響される。

【0040】すなわち、素子そのものは、変動していないのにも係わらず、Zステージ30の移動により、検出した画像がシフトし、誤った寸法誤差を計測してしまうことになる。

【0041】図12は、本実施形態によるZステージの構成図を示す。板バネプレート701、702、固定フレーム703、可動子704で構成される。固定フレーム703は、Xステージ28xに固定される。板バネプレート701は、片側4箇所705a、705b、706a、706bが板バネとして機能し、左右対称に8箇所配置される。板バネプレート701の701a、701bは、固定フレーム703に固定される。板バネプレート701の可動部707は可動子704に固定される。

【0042】図13は、図12のa-a断面図を示す。Zステージ30の駆動は、例えば電気信号により、伸縮するピエゾ素子708を用いる。ピエゾ素子708の伸縮部にスラストベアリング709を介し、可動子704を押しつける。ピエゾ素子708の伸縮によって、可動子704が上昇し、板バネ706a、706bがたわむ。この板バネプレート701と702を両側に設置することによりピエゾ素子708の上下移動により可動子704は平行に移動する。本構造により、ストローク50ミクロンの範囲での真直度を10nm以下の精度で移動させることが可能となる。

【0043】レーザ測長系501は、MR素子高さ $h_{MR}$ や抵抗検知素子高さ $h_{ELG}$ 方向で発生する、ステージ系401のウェハ1での高さ位置の位置ずれを測定するものである。レーザ発振器502からのレーザ光は干渉系503により高精度Zステージ30上に固定した棒ミラー504とDUV対応対物レンズ26に固定した（あるいはDUV対応対物レンズ26近辺の移動しない架台など）固定ミラー505に照射される。図示しない方法により、棒ミラー504と固定ミラー505間の距離Lを検出器506で測長し、計算機40に送る。

【0044】レーザ光路は、空気の振動によるレーザ測長器のばらつきが100nm程度発生するため、光路をカバー507で覆い、外乱によるばらつきを30nm程度に低減している。該カバーは、固定ミラー505側を固定カバーとし、素子測定方向と直角方向（Yステージ

方向）にはステージの移動に伴って伸縮する可動カバー508とし、外気に露出する範囲を一定に保つ。また、棒ミラー504は、Xステージ28xの可動範囲を十分に満足する長さである。

【0045】測定光学系101では、DUV光源21から発した波長248nmのDUV光22で、DUV対応リレーレンズ23、及びNA0.9のDUV対応対物レンズ26により、ウェハ1上の素子部を落射照明する。尚、ビームスプリッタ24は、照明・検出光分離用であり、ダイクロイックミラー25はDUV光22と波長750nmの自動焦点用レーザ光33を分離するためのものである。ウェハ1上の素子部からの反射光は、DUV対物レンズ26及びDUV結像レンズ37により、CCD固体撮像素子38上に結像する。

【0046】画像信号処理・制御系301では、CCD固体撮像素子38からの画像信号をAD変換器39デジタル信号に変換した後、計算機40に入力する。計算機40では、予めメモリ43に格納しておいたウェハ上のMR素子、抵抗検知素子の設計配列データをもとに、ステージドライバ31を介して、Xステージ28x及びYステージ28yをステップ・アンド・リピート走査制御する。そして、図2に示すように、ローバー（ウェハ1上のローバーの領域）に沿って、Xステージ28xの移動→停止→MR素子画像入力→移動→停止→抵抗検知素子画像入力→移動→停止→……、を繰り返す。

【0047】Xステージ28xの停止時において、レーザ測長系501の検出器506の測長結果も計算機40に同時に入力される。一つのローバー内で全素子について画像入力終了すると、Yステージ28yを走査し、他のローバー位置に移動し、再びXステージ28xを移動しつつ測定を繰り返す。

【0048】測定光学系101の焦点深度は、波長248nm、DUV対応対物レンズ26のNA0.9より、±0.15μmとなり、画像入力の際は高精度な焦点合せが不可欠である。

【0049】そこで、本実施例では、自動焦点系201によりこの焦点合せを行う。半導体レーザ32から出射された波長780nmの平行ビーム33をダイクロイックミラー25で反射させ、DUV対応対物レンズ26の瞳の周辺部に入射させ、ウェハ1上に斜め方向から集光して照射する。反射光は斜め方向から対物レンズ26に入射し、平行ビーム48として2分割ホトダイオードセンサ34に入射する。2分割ホトダイオードセンサ34は二つの受光部34a、34bから成り、各受光部からの出力信号を差分回路35に入力し、差分信号を計算機40に送る。ウェハ1上の被測定素子パターンがCCD固体撮像素子38に対し合焦点状態にある時、この差分信号が0になるよう、センサ34の位置を微調整しておく。

【0050】図3に示すように、ステージ高さあるいは

10

20

30

40

50

被測定素子パターンの高さが変化すると、ウェハ1からの反射ビーム48の位置が変化するため、差分回路35からの出力が増加する。この差分出力が0になるように計算機40からの制御信号に基づいてZステージ30を微動して、合焦点状態を維持する。

【0051】図4は、ダイクロイックミラー25の分光透過率特性を示したものである。画像計測に用いる波長248nmのDUV光は90%近く透過し、自動焦点に用いる波長780nmのレーザ光は95%程度反射する。尚、本測定光学系101は両テレセントリック光学系で構成されており、焦点位置のわずかなずれに対し、倍率誤差が小さい構成となっている。なお、自動焦点合

せは、検出画像そのもののパターンのコントラストを算出し、これが最良となるようにZステージ30を微調する方式でもかまわない。

【0052】計算機40では、素子画像入力後、隣接素子へのステージ移動時に、検出画像より各寸法の計測を行う。上記図5はMR素子3の検出画像47を示したものである。b-b部、すなわち素子高さ $h_{MR}$ 方向の画像信号45を図8(a)に示す。この信号に対し、例えば1次微分を施すと図8(b)に示す微分波形46が得られる。ゼロクロス位置 $h_1$ 及び $h_2$ を求め、 $|h_1 - h_2|$ よりMR素子高さ $h_{MR}$ が得られる。図5におけるトラック幅 $W_t$ 、図7における抵抗検知素子高さ $h_{ELG}$ も同様に求められる。これより求められた寸法と、レーザ測長器からの検出結果も加味して各寸法を算出する。

【0053】図9はレーザ測長器の検出結果を基準として、すなわち走査方向の軌跡を基準として、MR素子と抵抗検知素子の相対配列誤差の計測例を示したものである。左の検出画像81より、画像下端部81aから抵抗検知素子85の上端部85aまでの距離 $S_{ELG}$ を測定した後、Xステージ28xを移動し、MR素子90の画像82を検出する。同様に、画像下端部82aからMR素子90の上端部90aまでの距離 $S_{MR}$ を測定した後、再びXステージ28xを移動し、抵抗検知素子86の画像83を検出する。同様に、画像下端部83aから抵抗検知素子86の上端部86aまでの距離 $S_{ELG}$ を測定する。以上の測定を1ローバー分、繰り返し行う。つまり、この測定では検出画像の下端部を基準とし、下端部からの距離を配列測定値とする。

【0054】図10は、図1に示すウェハ1上のローバー2aについて、MR素子高さ $h_{MR}$ と抵抗検知素子高さ $h_{ELG}$ を測定した結果である。黒丸プロット8aがMR素子高さ $h_{MR}$ を、黒正方形プロット9aが抵抗検知素子高さ $h_{ELG}$ を表す。破線10aは設計値4.7 $\mu m$ を示しており、両素子の測定値はいずれも設計値を上回っていることが判る。また、MR素子高さ $h_{MR}$ に認められる二つの大きなうねりは、露光装置の照度むらに起因したものである。

【0055】図11は、同様に、図1に示すウェハ1上

のローバー2aについて、MR素子と抵抗検知素子の配列を測定した結果である。黒丸プロット8bがMR素子の配列を、黒正方形プロット9bが抵抗検知素子の配列を表す。破線10bで示す抵抗検知素子の配列平均値を0とし、それに対する相対値としてMR素子の配列をプロットしている。両素子に認められるうねりは、露光装置の照度むらや像歪によるものと思われる。

【0056】本実施形態では、図10や図11に示す測定結果、あるいは、露光領域内やウェハ全面での寸法ばらつき、配列誤差の2次元分布をディスプレイ41に表示し、寸法ばらつきや配列誤差が規定値を超える場合には、そのようなローバー、ウェハを加工研磨工程に流さないようにする、あるいは、素子形成工程の露光装置、レジスト塗布装置、膜付け装置等のメンテナンス指示を出し不具合を早期に発見し、照度むらを小さくする、膜厚を微調整する等のプロセスパラメータの修正といったプロセス管理・制御に適用することも十分可能である。また、測定データはメモリ42に格納され、長期にわたっての寸法変動や配列誤差変動のモニタリング、解析に活用することも可能である。

【0057】上記実施形態では、DUV光源は、水銀キセノンランプと透過中心波長248nmの干渉フィルタの組合せとしたが、半導体励起YAGレーザの第4高調波、すなわち波長266nm、あるいは第5高調波、すなわち波長213nm、あるいは第3高調波、すなわち波長355nmの光を用いることも可能である。ArFエキシマレーザ（波長193nm）やKrFエキシマレーザ（波長248nm）を用いることも可能である。また、水銀ランプのi線（波長365nm）を用いることも可能である。また、上記実施形態では、素子配列の計測基準にXステージ28xのステージ変位を検出する手段としてレーザ測長器を用いたが、静電容量センサなどによる計測でも補正することが可能である。

【0058】以上のように本実施形態によれば、トラック幅 $W_t$ が0.5 $\mu m$ 以下の微細なMR素子、あるいは抵抗検知素子の各種寸法と配列誤差の計測が、端面保護膜が施された状態でも可能になり、素子形成工程の状況をインプロセスでモニタリングすることが可能になる。これにより、プロセスの不具合を早期に発見し、プロセスパラメータを修正することにより不良製品の発生を低減し、歩留りを向上させることが可能となる。また、研磨加工工程での研磨加重の制御の際に、測定データに基づいて加重量を補正するフィードフォワード制御研磨加工を実現することも可能である。

【0059】本発明の第2の実施形態を図14に基づいて説明する。図14は、第2の実施形態におけるMR・ELG寸法・配列計測装置を示すものである。本装置は測定光学系102、自動焦点系201、画像信号処理・制御系301、ステージ系401、レーザ測長系501から成る。第1の実施形態との大きな違いは、第1の実

10

20

30

40

50

施形態におけるレーザ測長系501の外乱によるばらつきをカバーではなく、温度管理された空気を一定の風量でレーザに当てる構成した点にある。その他自動焦点系201、画像信号処理・制御系301、ステージ系401の構成とその機能は第1の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0060】レーザ測長系501の機能は、第1の実施形態と同様であるが、レーザ光の照射不の上部に空気フィルタ509を設置し、空気フィルタ509の上部より、図示しない方法により、温度管理した空気を一定の風量で送り込む。すると、レーザ光には一定の温度、風量のため、外乱によるレーザ測長器の変動が無くなることになる。以降の処理は第1の実施例と同様である。

【0061】本実施例によれば、第1の実施形態と同様の効果が得られる。

【0062】なお、本発明は、MRヘッドを含む薄膜磁気ヘッドのみに限定されるものではなく、GMR (Giant Magneto-resistive) ヘッドも含む薄膜磁気ヘッドへの適用も十分可能である。

【0063】

【発明の効果】本発明によれば、トラック幅 $W_t$ が $0.5\mu\text{m}$ 以下の微細なMR素子、あるいは抵抗検知素子の各種寸法と配列誤差の高精度な計測が、端面保護膜が施された状態でも可能になり、素子形成工程の状況をインプロセスでモニタリングすることが可能になるという効果が得られる。

【0064】また、これにより、プロセスの不具合を早期に発見し、プロセスパラメータを修正することにより不良製品の発生を低減し、歩留りを向上させることが可能となるという効果が生まれる。また、研磨加工工程での研磨加重の制御の際に、測定データに基づいて加重量を補正するフィードフォワード制御研磨加工を実現することも可能になるという効果を有している。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、ウェハ上のローバーの形成状態を示す平面図である。

【図2】図2は、ローバー上でのMR素子及び抵抗検知素子の形成状態、研磨加工工程を示すローバーの正面図である。

【図3】図3は、本発明の第1の実施形態における抵抗検知素子寸法・配列計測装置（以下、MR・ELG寸法・配列計測装置と略す）の概略構成を示す正面図である。

【図4】図4は、ダイクロイックミラーの分光透過率特性を示すグラフである。

【図5】図5は、測定対象のMR素子と電極部を示すMRヘッドの正面図である。

【図6】図6は、MR素子の断面図である。

【図7】図7は、測定対象の抵抗検知素子と電極部を示す平面図である。

【図8】図8は、MR素子高さ方向の画像信号と微分波形を示す画像信号である。

【図9】図9は、MR素子と抵抗検知素子の相対配列誤差の計測例を示すMR素子と抵抗検知素子の平面図である。

【図10】図10は、ウェハ上のローバーについて、MR素子高さと抵抗検知素子高さを測定した結果を示すグラフである。

【図11】図11は、ウェハ上のローバーについて、MR素子と抵抗検知素子の配列を測定した結果を示すグラフである。

【図12】図12は、本発明の第1の実施形態におけるZステージの構成を示す斜視図である。

【図13】図13は、図12のa-a断面を示す断面図である。

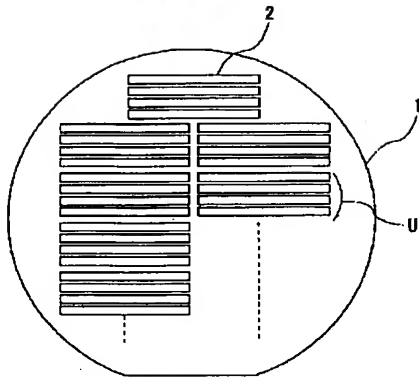
【図14】図14は、本発明の第2の実施形態における測定光学系の概略構成を示す正面図である。

【符号の説明】

1…ウェハ 2…ローバー 3…MR素子 4…抵抗検知素子  
21…DUV光源 25…ダイクロイックミラー 26…DUV対応対物レンズ  
28x…高精度Xステージ 28y…Yステージ  
29… $\theta$ ステージ  
30…高精度Zステージ 32…半導体レーザ 34…2分割ホトダイオードセンサ 37…DUV結像レンズ 38…CCD固体撮像素子 40…計算機  
41…ディスプレイ 60a、60b、60c、60d…斜方照明系 62…位相変調素子 63…1/4波長板 71…参照ミラー  
101、102、103、104…測定光学系 201…自動焦点系 301…画像信号処理・制御系  
401…ステージ系 501…レーザ測長系  
502…レーザ 504…棒ミラー 505…固定ミラー 506…検出器 701、702…板バネプレート

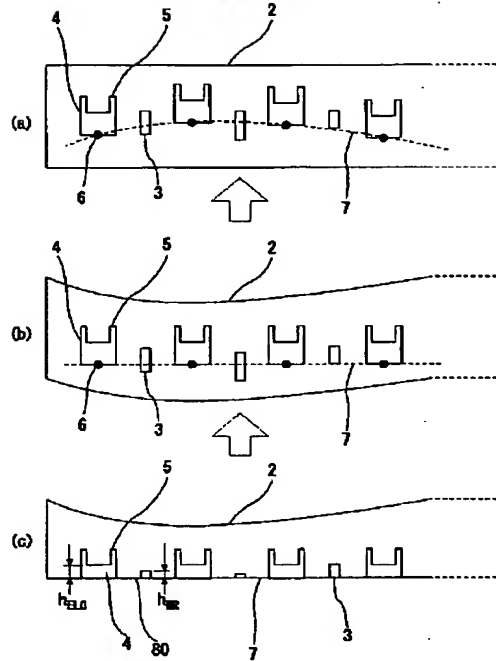
【図1】

図1



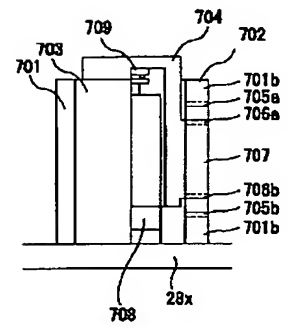
【図2】

図2



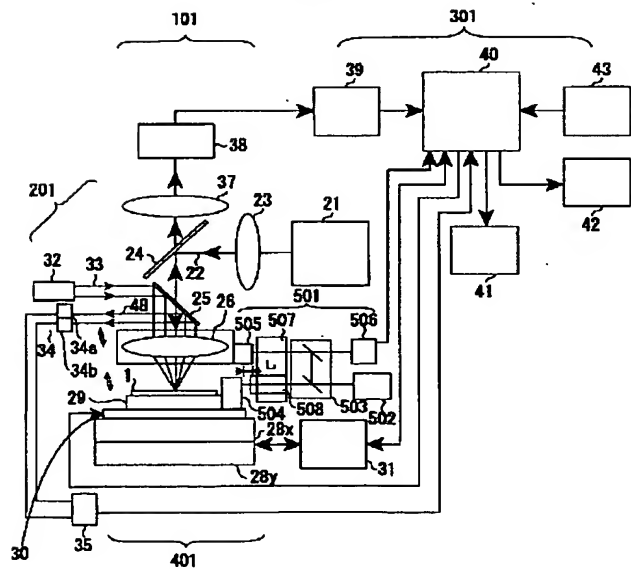
【図13】

図13



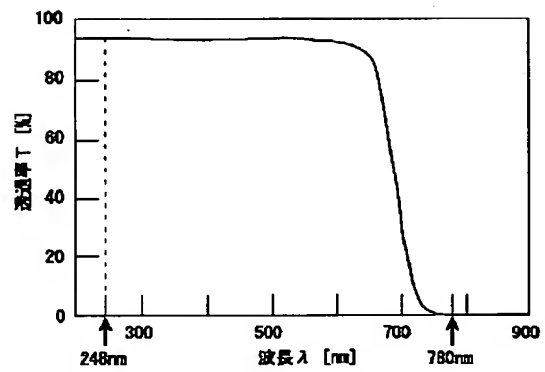
【図3】

図3



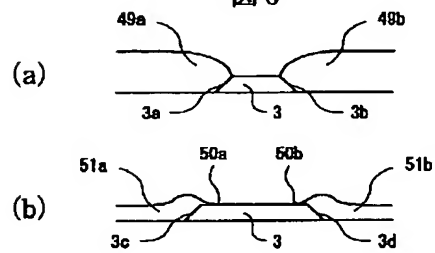
【図4】

図4

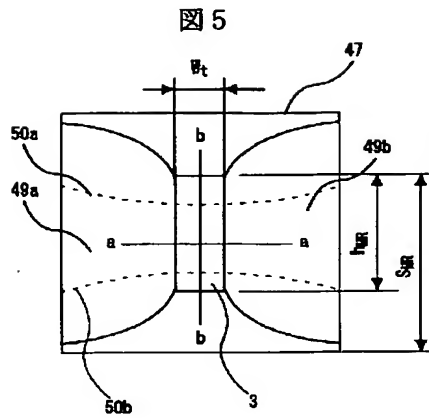


【図6】

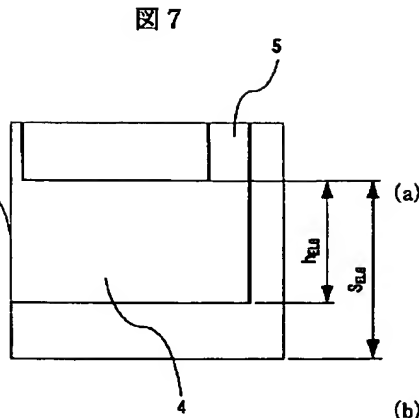
図6



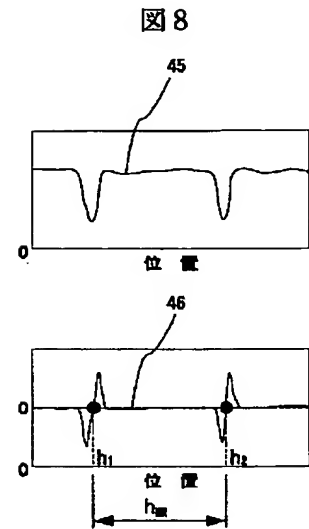
【図5】



【図7】

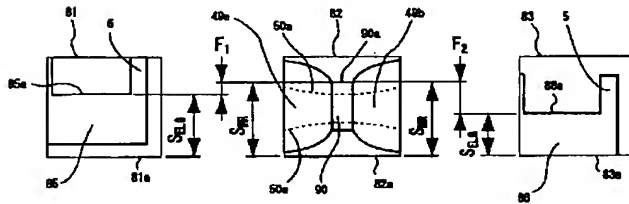


【図8】



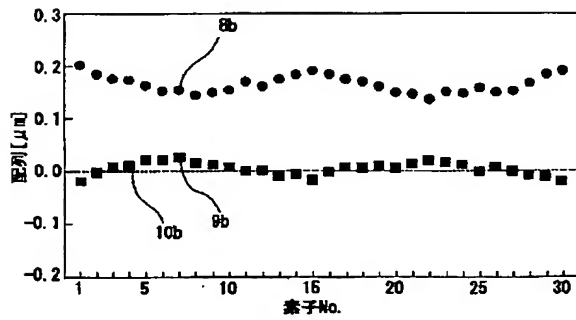
【図9】

図9



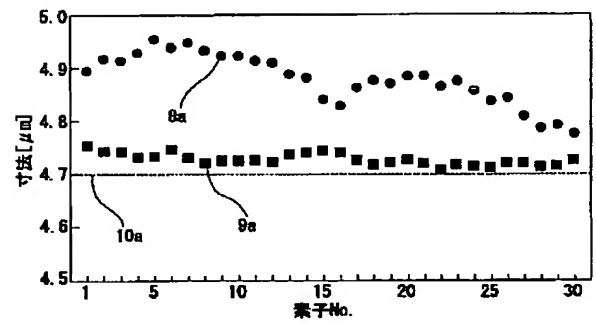
【図11】

図11



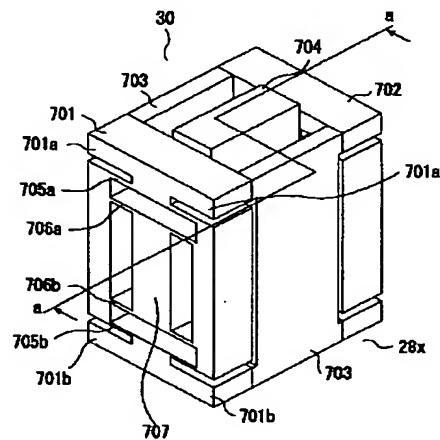
【図10】

図10



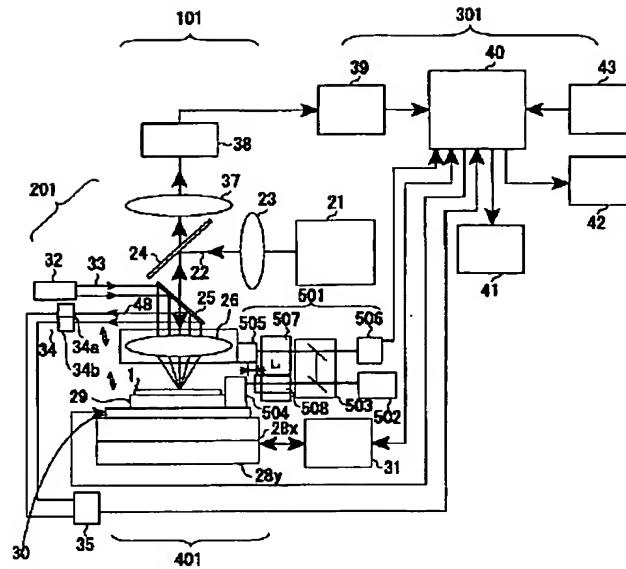
【図12】

図12



【図14】

図14



フロントページの続き

(72) 発明者 中田 俊彦  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 坂田 智昭  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

Fターム(参考) 2F065 AA22 AA24 BB02 CC02 CC25  
DD03 FF01 FF04 GG04 GG22  
JJ03 JJ26 LL04  
5D034 BA02 DA02 DA07